第11卷 第3期　　动 物 学 研 究　　Vol. 11, No. 3
1990年8月　　ZOOLOGICAL RESEARCH　　Aug., 1990

朱鹮卵壳的微观结构和成分研究*

李福来　　秦在贤　　滕怀妹
（北京动物园）　（安徽教育学院）　（安徽医科大学）

摘　要

本文首次对世界珍禽——朱鹮的卵壳在电子显微镜下的微观结构进行了研究；对卵壳中的26种无机元素进行了定量分析。根据两巢卵壳所含有害元素的对比，以及两巢区土壤中有害元素含量对照情况，指出保护朱鹮自然种群、研究其环境因子，刻不容缓。

关键词：朱鹮，卵壳，微观结构

朱鹮（*Nipponia nippon*）是当今世界上最濒危、珍稀的鸟类之一。过去，在苏联、朝鲜、日本曾有分布。但到20世纪80年代就几乎销声匿迹。在我国也曾一度被认为已绝迹。1981年在陕西洋县又被重新发现。据统计，截止1989年底现存总数约为48只。其中自然界约40只，人工饲养8只。确已到了灭绝的边缘。

我国林业部为拯救这一濒危物种，在北京动物园建立了“朱鹮养殖中心”，下达了“朱鹮人工饲养和繁殖基础研究”课题。为了研究朱鹮的饲养和繁殖，我们于1986年3月至5月在陕西洋县的三岔河（Ⅰ号巢区）、姚家沟（Ⅱ号巢区）和团山河（Ⅲ号巢区）进行了调查。在调查中了解到，Ⅱ号巢区自1981年被发现以后，起初正常繁殖，每年产3—4枚卵，但从1985年开始产软壳卵，1986年仅产一枚卵。Ⅰ号巢自1984年被发现以来，始终正常繁殖。对Ⅱ号巢繁殖率的突然下降则众说不一。如建站干扰，成鸟患病，成鸟老龄等。我们认为可能与取食地的状况有关，应着重研究巢区的环境因子对繁殖率的影响。为此，首先对两个巢的卵壳、两巢区取食地的土壤进行了分析研究，现将初步结果报告如下。

材 料 和 方 法

在洋县调查过程中，分别采集了Ⅰ、Ⅱ号两个巢区取食地的土壤和水样。在系统观察时不仅看到雏鸟出壳时亲鸟的兴奋状态，而且幸运地获得了两巢的卵壳。两个卵壳虽然都是孵化过的，但外形差异很大。Ⅱ号巢卵壳显得薄而脆，表面蓝灰色浅、几近灰白色，褐色斑浅且淡。这就更引起我们注意进行对比研究。

* 参加此项研究的还有北京动物园的黄世强、谢钟、王振荣、叶槐岭等同志，在此一并致谢！
本文1990年2月15日收到。

为了取得准确图象和数据，首先对样品分别进行了处理。用日立 S—430 型扫描电镜对卵壳作了观察拍照。用 Perkin-Elmer ICP/6500 单道扫描式等离子体光谱仪和 SDY—2 双道原子荧光光度计，WDY—1 单道原子荧光光度计对样品进行了定量分析，测定了其中一些无机元素的含量。

结 果 与 讨 论

一、朱鹮卵壳结构的电镜扫描观察

Ⅰ号、Ⅱ号两巢卵壳以电子显微镜分别进行了卵的壳膜内表面、蛋壳内表面、蛋壳外表面的微观结构观察，现分析如下：

壳膜内表面　在扫描电子显微照片上，Ⅰ号巢卵壳（图版Ⅰ.1）和Ⅱ号巢卵壳（图版Ⅰ.2）壳膜内表面象一般鸟卵那样，主要由粗细不同的角蛋白纤维组成，纤维呈树枝状，纵横交错自成网络，纤维与蛋壳平行，呈多层排列，其上并有芽状突起；而不象鸡形目鸟卵的纤维主要沿卵的纵轴排列，内膜并有光滑膜。对比两巢卵壳膜内表面后再放大照片，可看出Ⅰ号巢卵壳（图版Ⅰ.3）要比Ⅱ号巢卵壳（图版Ⅰ.4）壳膜的纤维密度大得多。由于壳膜是主要的生理屏障，而两巢卵壳膜纤维密度不同，很可能与生理功能有关。

蛋壳内表面　从两巢蛋壳内表面扫描电子显微镜照片上（图版Ⅰ.5、6）均可看到乳锥和纤维，但Ⅰ号巢蛋壳的乳锥排列规则、典型。在放大后的照片上(图版Ⅰ.7、8）可以看到在乳锥的正剖面上钙质结晶从乳锥核（Core）纤维呈辐射状向四周伸出，作花朵状排列，乳锥之间的间距则参差不齐。

蛋壳外表面　Ⅰ号巢蛋壳外表面的电子显微镜照片（图版Ⅰ.9、11）显示有如鸡形目鸟卵（Board，1982）的龟背纹状的表面结晶层，并可见带气孔塞的气孔口。Ⅱ号巢蛋壳外表面（图版Ⅰ.10、12）则呈现与Ⅰ号巢蛋壳不同的结构图象，是否蛋壳的表面结构层有所不同所致尚难以断言。结合两个巢的卵数，Ⅰ号巢产3枚卵，孵化期间彼此摩擦，Ⅱ号巢仅产1卵、无卵间摩擦，是否与此有关，抑或其他因素，有待证实。

综上所述，朱鹮卵的壳膜内表面为致密的、纵横交错成网状的纤维结构；蛋壳内表面有一般鸟卵的典型结构，外表面却似鸡形目鸟卵呈龟背纹状。对比两巢卵壳的微观结构与宏观相吻合。外形较正常的Ⅰ号巢卵壳，壳膜的纤维致密，蛋壳内表面乳锥排列亦较规则、清晰。

二、朱鹮卵壳的成分分析

卵壳的化学成分主要为矿物质。采用等离子发射光谱（ICP）和其他方法做了朱鹮卵壳内26种无机元素的定量分析。按养禽业的分类分为常量元素、微量元素、有害元素及其他元素四类，并把家禽卵壳主要化学元素组成（Walton，1975）和世界卫生组织规定禽蛋有关元素污染的限量一同列入表1，以便比较。

常量元素是卵壳矿物质的主要成分，从表1可看出：Ⅰ号巢卵壳的钙含量(32.78%)稍低于Ⅱ号卵壳（33.82%），而均低于家禽卵壳（36.4%）；但磷的含量，Ⅰ号巢卵壳

表 1　朱鹮卵壳矿物质分析（单位 ppm）

Tab.1.　Analysis of minerals in eggshell of Crested Ibis (ppm)

元	素	Ⅰ号巢卵壳	Ⅱ号巢卵壳	家禽卵壳*	世界卫生组织规定禽蛋污染限量	元	素	Ⅰ号巢卵壳	Ⅱ号巢卵壳
常	Ca	32.78*	33.82*	36.4			B	<0.2	<0.2
量	P	0.13	0.048	0.116			Si	10.0	<0.3
元	Na	0.179	0.220	0.152		其	Cr	<0.1	<0.1
素	Mg	0.123	0.166	0.389			Be	<0.0001	<0.0001
	Fe	128.7	3.7			他	Ti	<0.05	<0.05
微	Mn	5.33	4.67				Sc	<0.02	<0.02
量	Cu	<0.08	<0.08			元	Y	<0.04	<0.04
元	Zn	12.0	14.7				Ni	<0.1	<0.1
素	Co	<0.1	<0.1			素	Ba	9.6	1.8
	Pb	<1.4	<1.4		0.1		Yb	<0.03	<0.03
有	Hg	0.01	0.02		0.001		Li	0.98	<0.2
害	As	0.02	0.04		0.05		V	<0.06	<0.06
元	Cd	<0.05	<0.05		0.01				
素	Sr	233.2	128.7						

* 为百分比（%）。

（0.13%）却高于Ⅱ号巢卵壳（0.048%），并高于家禽卵壳磷的含量（0.116%）；钠的含量，Ⅰ号巢卵壳为0.179%，Ⅱ号巢卵壳为0.220%，均高于家禽卵壳的含量(0.152%)；镁的含量则较低，Ⅰ号巢卵壳为0.123%，Ⅱ号巢卵壳为0.116%，还不到家禽卵壳镁含量（0.389%）的二分之一。值得指出，如将Ⅰ号巢卵壳与Ⅱ号巢卵壳中钙与磷的含量换算成碳酸钙和磷酸钙，则分别为81.23%和84.22%；0.65%和0.24%，显然两巢卵壳钙的含量都低于家禽卵壳，估计和我们取样有关，因为是已孵化过的；但也可能与朱鹮所摄取食物的钙含量有关。

卵壳中有害元素的含量，不仅决定于雌鸟的健康状况，而且与食物、环境的污染有直接关系，是检验环境情况的重要指标。世界卫生组织规定的家禽有关元素污染的限量，虽然是指蛋内的蛋白和蛋黄等可供人们食用的物质，以防中毒，但卵壳内如含有有害物质也可间接说明蛋白、蛋黄也被污染，值得参考。从表 1 所列朱鹮卵壳内含有的 5 种有害元素中，除锶没有对照外，其他 4 种（铅、汞、砷、镉）都接近或超过国际卫生组织规定的污染限量。其中Ⅱ号巢卵壳汞（0.02ppm）、砷（0.04ppm）含量是Ⅰ号巢卵壳汞（0.01ppm）、砷（0.02ppm）含量的一倍，此一现象值得研究。

三、土壤中有害元素分析

朱鹮两个巢区繁殖情况的不同，卵壳外形、微观结构、有害元素含量等的差异，更促使我们对环境因素的注意。曾采集两个巢区的土壤和水样，水样因处理不当、未能化验，仅对土壤中 4 种有害元素（铅、汞、砷、氟）进行了分析（表 2）。

比较朱鹮两个巢区土壤中铅、汞、砷 3 种有害元素的含量，可看出Ⅱ号巢区均高于

Ⅰ号巢区，而Ⅱ号巢卵壳中汞、砷的含量也大于Ⅰ号巢卵壳。因为动物体内的无机元素主要来自外源，所以这一事实告诫我们，在保护朱鹮自然界种群的工作中认真对待并深入研究环境因子，已刻不容缓。

表2 朱鹮巢区土壤中有害元素分析（单位：mg/kg）

Tab. 2. Analysis of harmful elements in soil of Crested Ibis nesting area (mg/kg)

巢 区	铅Pb	汞Hg	砷As	氟F
Ⅰ号	28.5	0.075(0.072—0.078)	5.10(5.00—5.20)	516(512—520)
Ⅱ号	36.5(35.5—37.5)	0.097(0.092—0.102)	6.15(6.00—6.30)	880

小 结

1.朱鹮卵壳在电子显微镜下所显示的微观结构：卵壳的壳膜内表面为带芽状突起的纤维交错组成的网状结构；蛋壳内表面可见到残留纤维和排列整齐的花朵状的乳锥，以及内气孔口；蛋壳外表面似鸡形目鸟卵，为龟背纹状的结晶层。

2.正常繁殖和繁殖率突然下降的朱鹮两巢区的卵壳，在微观结构和某些无机成分含量上均有差异，特别是有害元素含量有明显不同。

3.根据分析结果，两巢区土壤中有害元素的含量的差异与两巢卵壳内有害元素含量呈正相关，因此深入探讨，并采取一定的措施已成为保护朱鹮的当务之急。

图 版 Ⅰ 说 明

1(1.1k)和3(5.0k)为扫描电镜下Ⅰ号巢卵壳膜内表面。

2(1.0k)和4(5.0k)为扫描电镜下Ⅱ号巢卵壳膜内表面。

5(200×)为扫描电镜下Ⅰ号巢蛋壳内表面。

6(200×)为扫描电镜下Ⅱ号巢蛋壳内表面。

7(500×)和8(1.0k) 为扫描电镜下Ⅰ号巢蛋壳内表面乳锥的正剖面。

9(500×)和11(1.0k) 为扫描电镜下Ⅰ号巢蛋壳的外表面。

10(500×)和12(1.0k) 为扫描电镜下Ⅱ号巢蛋壳的外表面。

参 考 文 献

朱 琿 1985 禽蛋研究 科学出版社。

Board, R.G. 1982 Properties of avian egg shells and their adaptive value. Bil. Rec. 57 pp 1—28 Printed in Great Britain.

STUDY ON THE MICROSTRUCTURE AND COMPONENTS OF EGGSHELL OF JAPANESE CRESTED IBIS

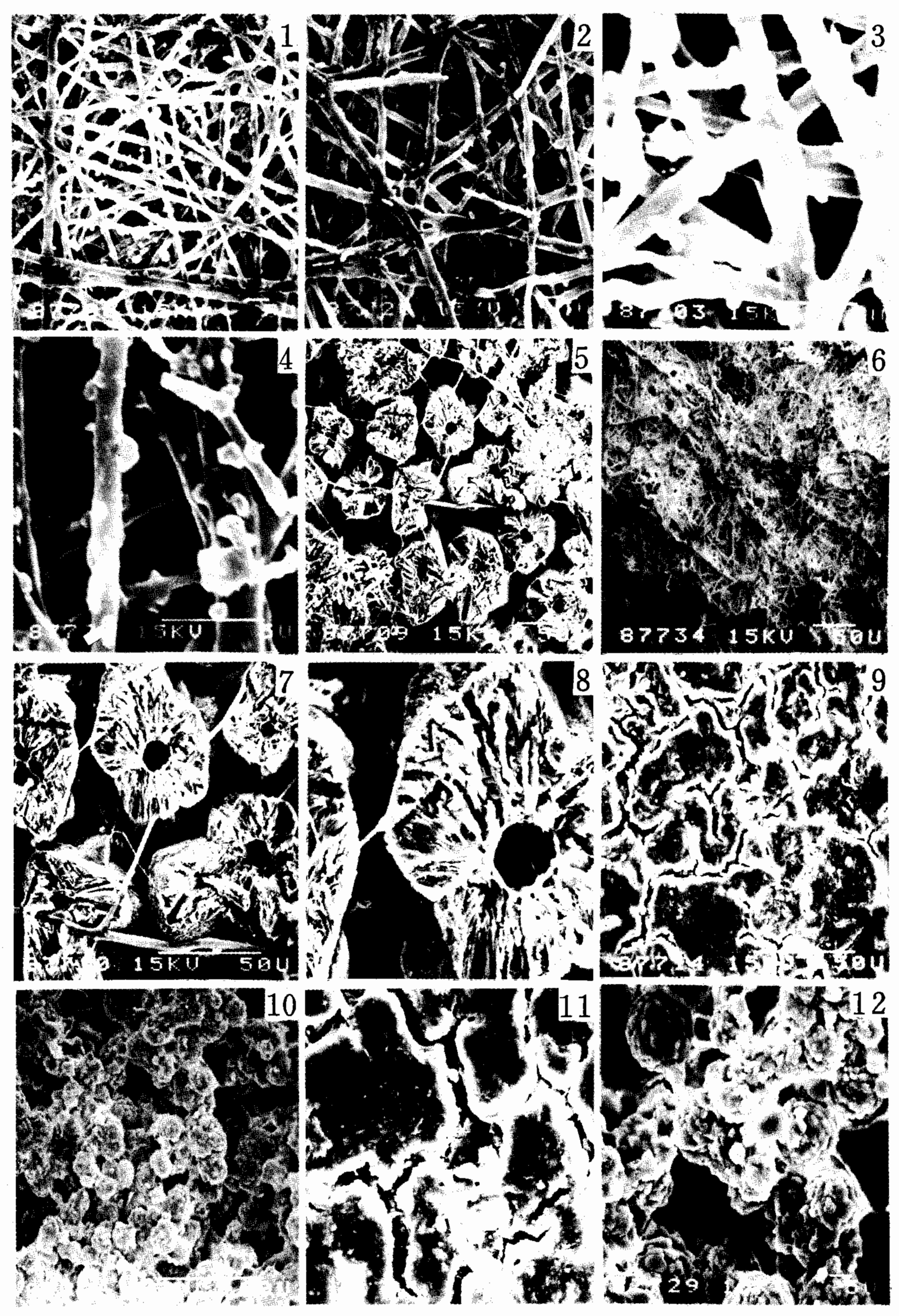
Li Fulai (*Beijing Zoo*)　Qin Zaixian (*Anhui Educational College*)　Ten Huaimei (*Anhui Medical University*)

Observation on inner surface of eggshell membrane, inner surface of shell of Japanese Crested Ibis, world unique kird, with scanning electron microscopy (SEM) was firstly conducted. Microstructure showed: Eggshell membrane inner surface consisted of dense fibres with bud projections and crossed into nets. Shell inner surface consisted of mammillary cones and fibres, tangential section of mammillary cone look like flower. Shell outer surface was similar to that of calliformes showed crystal layers with crachs.

ICP emission spectroscopy and atomic fluorescence spectrophotometry were used to make quantitative analysis on 26 inorganic elements of the eggshell comparisons of harmful clements were done between eggshells of two nests, and between soils of two nesting areas. We conclude that it is necessary to study "environmental factors" in Japanese Crested Ibis population protection in nature.

key words: Japanese crested ibis, Eggshell, Microstructure

图版 I



（图版说明在正文内）